

ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ В УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ

Непран А. В., канд. екон. наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Воронкова А. А., канд. екон. наук, доцент
Державний біотехнологічний університет
Чуйко Н. В., канд. екон. наук, доцент
Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми. Підвищення якості продукції складають найважливішу закономірність сучасного етапу розвитку економіки. Підвищення якості як засобів виробництво-технічного призначення, так і предметів народного споживання, має важливе самостійне значення, служить в той же час і однією із основних форм підвищення ефективності виробництва. Основою забезпечення високої якості продукції є розроблення та впровадження на промислових підприємствах системи управління якістю. Безперервне підвищення вимог до якості продукції, зростаюча її складність обумовлюють необхідність удосконалення і підвищення ефективності систем управління якістю продукції. Це можливе лише при використанні статистичних методів, які ґрунтуються на апараті математичної статистики, і застосування ЕОМ. Статистичні методи забезпечують прийняття правильних рішень за результатами малого числа спостережень і, тим самим, дозволяють побудувати високоефективну, економічно вигідну систему управління якістю продукції і сформуванню режиму її функціонування. Ці методи також сприяють кращому застосуванню наявних даних у процесі прийняття рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема управління якістю продукції завжди привертала увагу учених. Цій проблемі присвячені дослідження К. А. Фісун [1], Кузьома В. В. [2], Труш Ю. Л. [3], О. В. Мишко [4], І. В. Власенко [5], В. С. Адамовська [6], Мальцева А. С. [7], О. П. Радченко [8] та ін. Обґрунтовуючи модель управління якістю К. А. Фісун робить висновок, що нагальною потребою є розробка і використання різноманітних форм і методів дієвого соціально-економічного впливу на всю низку процесів формування і забезпечення виробництва високоякісною і конкурентоспроможною продукцією [1, 209]. Досліджуючи проблеми якості продукції, В. В. Кузьома робить висновок, що вирішення проблеми підвищення якості продукції є ключовим чинником забезпечення її конкурентоспроможності [2, с. 256]. Високі вимоги до системи управління якістю продукції визначають напрями та завдання наукових досліджень економічних та статистичних питань підвищення якості продукції.

Невирішені складові загальної проблеми. Незважаючи на численні дослідження, розробка та впровадження статистичних методів в управлінні якістю продукції не набули широко поширення. Зокрема, в роботі К. А. Фісун [1], В. В. Кузьоми [3], В. С. Адамовської [6], О. П. Радченко [8] та ін. відсутнє обґрунтування конкретних заходів удосконалення управління якістю продукції, оцінка ефективності даних заходів. Відсутність конкретних рекомендацій щодо впровадження статистичних методів обумовлюють необхідність подальшого дослідження даної проблеми.

Формулювання цілей статі. Метою статті є розробка теоретичних засад використання статистичних методів в управлінні якістю промислової продукції.

Виклад основного матеріалу досліджень. Орієнтація на підвищення якості продукції в широкому значенні слова передбачає удосконалення методів управління якістю продукції. Відповідно до міжнародного стандарту ISO 9000:2015 «Системи менеджменту якості» якість продукції та послуг організації визначається їх здібностями задовольнити споживачів і їх очікуваним і неочікуваним впливом на відповідні зацікавлені сторони [9]. Таке управління повинно носити комплексний, системний характер, тобто охоплювати всі сторони підвищення якості продукції: управління, облік і оцінку; стандартизацію, експертизу і дослідження.

Застосування статистичних методів допомагає вимірювати, описувати, аналізувати, інтерпретувати та моделювати таку мінливість, навіть за відносно обмеженої кількості даних. Статистичний аналіз таких даних може допомогти краще зрозуміти природу, масштаб і причини мінливості, сприяючи вирішенню і навіть запобіганню проблемам, які можуть бути результатом такої мінливості, а також постійному поліпшенню. Дані методи контролю широко застосовуються в машинобудуванні з метою наукового обґрунтованого контролю якості продукції та процесів у ході виробництва; дослідження точності протікання процесів; комплексного дослідження стану технічного процесу виготовлення продукції; перевірки обґрунтованості допусків та припусків; організації найбільш економічного приймального контролю.

Статистичні методи управління якістю продукції поділяються на статистичний аналіз точності технологічного процесу, статистичне регулювання технологічного процесу і статистичний контроль якості. Як критерій статистичного контролю застосовують середнє арифметичне значення, медіану, середньоквадратичне відхилення вибірки та розмах (різницю найбільшого та найменшого відхилення розмірів) контрольної вибірки.

Метод середніх значень і розмахів є метод статистичного регулювання технологічного процесу, при якому оцінка якості продукції, що виготовляється, проводиться за середніми арифметичними значеннями і розмахами параметрів в миттєвих вибірках або пробах. Він поширюється на продукцію серійного та масового виробництва.

Розмахом R називається різницю між найбільшим і найменшим значеннями контрольованого параметра у вибірці, тобто:

$$R = x_{\max} - x_{\min}. \quad (1)$$

У випадку до закону нормального розподілу середня арифметична величина \bar{x} вимірювань (показники якості) характеризує собою фактичний центр групування та вказує на положення рівня налаштування. Вона визначається за наступним розрахунком [12, с. 420]:

$$\bar{x} = \frac{\sum xf}{\sum f}, \quad (2)$$

де x — окремі показники якості;
 f — частота повторення.

Середнє квадратичне відхилення σ є мірою дисперсії (розсіювання) параметра якості і характеризує ступінь точності процесу (точність роботи обладнання):

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(x - \bar{x})^2}{n}}, \quad (3)$$

де n — кількість вимірів якості у пробі.

При нормальному розподілі якісної характеристики центр групування збігається з модою (відповідає середній арифметичній величині), а межа практичного розсіювання обмежується діапазоном $\pm 3\sigma$.

Контрольні межі на діаграмі якості можуть бути визначені через значення σ або через значення середнього розмаху R .

Визначення значень контрольних меж обчислюється наступним чином (табл. 1).

Таблиця 1

Визначення контрольних та попереджувальних меж поля допуску

Найменування меж		За квадратичним відхиленням	За середньою величиною розмаху варіювання
1	Контрольні межі	$K_{\sigma, n} = \bar{x} \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$	$K_{\sigma, n} = \bar{x} \pm A_2 \bar{R}$
2	Попереджувальні межі	$K_{\sigma, n} = \bar{x} \pm \frac{2\sigma}{\sqrt{n}}$	$K_{\sigma, n} = \bar{x} \pm A_1 \bar{R}$

Джерело: розраховано авторами.

У формулах: n — розмір проби (кількість штук в пробі); \bar{x} — середня арифметична із середніх значень показника якості в пробах; A_1, A_2 — коефіцієнти, які визначаються за спеціальними таблицями.

Коефіцієнти A_1, A_2 наведені нижче в залежності від числа одиниць вибірки n (табл. 2).

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів A_1, A_2 в залежності від числа одиниць вибірки

Величина вибірки n	Значення		Величина вибірки n	Значення	
	A_1	A_2		A_1	A_2
2	1,253	1,880	8	0,249	0,373
3	0,682	1,023	9	0,225	0,337
4	0,489	0,729	10	0,205	0,308
5	0,385	0,577	11		0,282
6	0,322	0,483	12		0,266
7	0,279	0,419			

Джерело: розраховано авторами.

Якщо процес характеризується розподілом, що різко відрізняється від кривої Гауса і Максвелла, то розрахунок контрольних кордонів ведеться за формулою:

$$K_s = x_{max} + \left(3 - \frac{3}{\sqrt{n}}\right) \frac{\bar{R}}{d_n}; \quad (4)$$

$$K_n = x_{max} - \left(3 - \frac{3}{\sqrt{n}}\right) \frac{\bar{R}}{d_n}; \quad (5)$$

де \bar{R} — середній розкид у пробах

d_n — коефіцієнт залежності σ_0 від n числа одиниць у пробі.

Обсяг вибірки залежить від темпу та стабільності технологічного процесу і становить $n=3 \div 10$ одиниць продукції. Період відбірки вибірки визначається за досвідом, виходячи з інтервалу між розладками процесу, зазвичай становить 1–2 години.

Розглянемо приклад застосування методу середньої арифметичної на машинобудівному заводі при виготовленні втулки.

При вимірюванні діаметру отвору деталі в 30 мм були отримані наступні дані (табл. 3)

Таблиця 3

Діаметр отвору деталі у пробах

Екземпляр и у пробі	№ проби					Екземпляр и у пробі	№ проби				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	30,0	29,9	30,0	30,0	30,0	3	30,0	29,9	30,0	30,0	30,1
	5	7	3	4	6		4	5	8	9	3
2	30,0	30,0	30,0	30,1	30,0	4	30,0	29,9	30,0	30,0	30,0
	8	2	7	1	7		5	8	5	8	9

Джерело: розраховано авторами.

Для розрахунку верхніх та нижніх меж обчислимо середнє арифметичне значення діаметру, мм:

$$\bar{x} = \frac{30,05 + 29,97 + 30,03 + 30,04 + 30,06 + 30,08 + \dots + 30,09}{20} = 30,05.$$

Обчислимо середнє квадратичне відхилення. Для цього складемо допоміжну таблицю (табл. 4).

Таблиця 4

Допоміжна таблиця для розрахунку середнього квадратичного відхилення

Номер проби	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	Номер проби	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
30,05	0	0,0000	30,04	-0,01	0,0001
29,97	-0,08	0,0064	29,95	-0,10	0,0100
30,03	-0,02	0,0004	30,08	0,03	0,0009
30,04	-0,01	0,0001	30,09	0,04	0,0016
30,06	0,01	0,0001	30,13	0,08	0,0064
30,08	0,03	0,0009	30,05	0,00	0,0000
30,02	-0,03	0,0009	29,98	-0,07	0,0049
30,07	0,02	0,0004	30,05	0,00	0,0000
30,11	0,06	0,0036	30,08	0,03	0,0009
30,07	0,02	0,0004	30,09	0,04	0,0016
Всього	–	0,0132	Всього	–	0,0264

Джерело: розраховано авторами.

Середнє квадратичне відхилення складе:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(0,0132 + 0,0264)}{20}} = 0,044497(\text{мм}).$$

При побудові діаграм для контролю за величиною розмаху варіювання середня лінія на діаграмі відповідає середньому арифметичному значенню розмахів у вибірці, а положення контрольних кордонів щодо середнього розмаху визначається за формулою:

верхня межа:

$$K_{\text{в.}} = \bar{x} + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = 30,05 + \frac{3 \times 0,044497}{\sqrt{20}} = 30,08 \text{ мм};$$

нижня межа:

$$K_{\text{н.}} = \bar{x} - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = 30,05 - \frac{3 \times 0,044497}{\sqrt{20}} = 30,02 \text{ мм}.$$

Аналогічно визначаються попержувальні межі:

верхня межа:

$$K_{\text{в.}} = \bar{x} + \frac{2\sigma}{\sqrt{n}} = 30,05 + \frac{2 \times 0,044497}{\sqrt{20}} = 30,07 \text{ мм};$$

нижня межа:

$$K_{\text{н.}} = \bar{x} - \frac{2\sigma}{\sqrt{n}} = 30,05 - \frac{2 \times 0,044497}{\sqrt{20}} = 30,03 \text{ мм}.$$

Для аналізу стійкості виробничого процесу та своєчасного вжиття заходів до запобігання появі шлюбу будуються контрольні карти. На карту у вигляді точок наносяться контрольовані показники, наприклад, діаметр виробів. Середня лінія на карті відповідає номінальному значенню контрольованого показника. Допуски відхилень показника якості визначені технічною документацією. У межах завчасного попередження появи браку визначаються попереджувальні верхні і нижні межі регулювання. Вихід точки за лінією верхнього чи нижнього технічних допусків свідчить про появу браку (рис. 1).

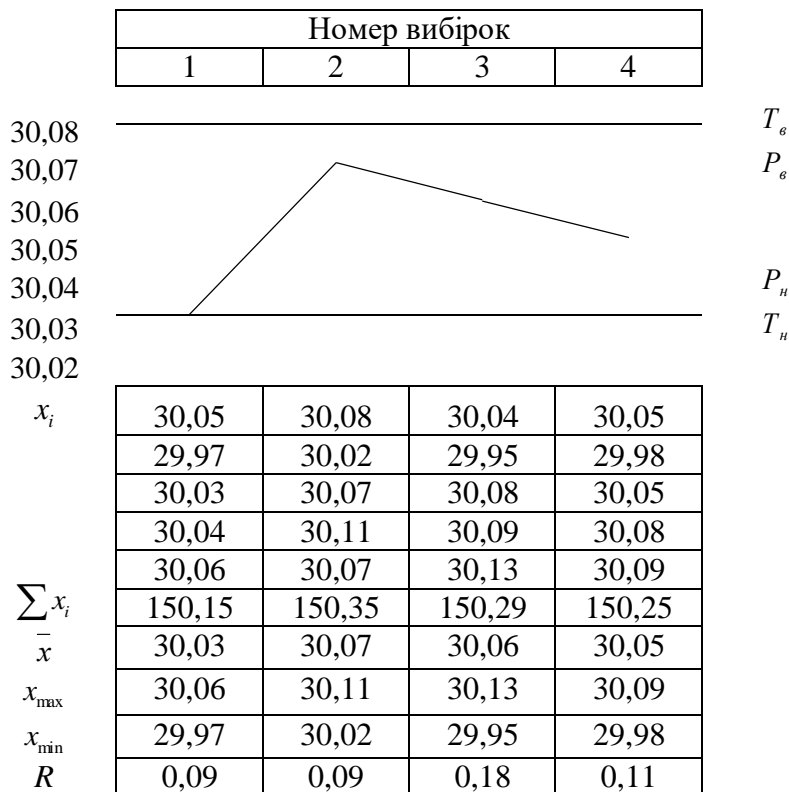


Рис. 1. Контрольна карта при методі середніх значень і розмахів.

Джерело: розраховано авторами.

Графік середніх арифметичних показує динаміку зміни рівня настройки технологічного процесу. На графіку середніх арифметичних наносяться верхній

T_6 і нижній T_n межі допуску, а також штрихові лінії – верхня P_6 і нижня P_n межі зони допустимих відхилень середніх арифметичних значень.

Технологічний процес стабільний, якщо середні арифметичні не виходять за межі P_6 і P_n , а розмахи $P_{вн}$. Вихід середньої або розмаху за ці межі сигналізує про можливість порушення нормального ходу процесу, для перевірки чого береться позачергова вибірка. Якщо результати вибірки виявляються таким ж, слід призупинити процес і усунути причину порушення нормального технологічного процесу.

На контрольній картці ці критичні значення \bar{x} і R відмічаються стрілками. Межі регулювання P_6 , P_n і P_{BR} встановлюються ДСТУ, виходячи із даних меж допусків T_6 і T_n , які залежать від кількості вибірки, так, щоб з визначеним запасом контрольовані параметри завжди знаходилися в межах допусків.

Висновки. Застосування методу середніх значень і розмахів дозволяє корегувати параметри технологічного процесу в ході виробництва за допомогою вибіркового контролю виготовленою продукції для технологічного забезпечення необхідної якості і попередження браку. Цим самим є можливість знизити трудомісткість роботи, що контролюється, а також створюються умови для наочного зображення динаміки якості продукції та налагодженості процесу, що дозволяє своєчасно застосовувати заходи до запобігання появі браку не тільки контролерами та працівниками ВТК, а й працівниками цеху — робітникам, бригадирам, налагоджувачам, технологам. При автоматизації процесу вимірювання, обробки його результатів і передачі отриманої інформації контрольна карта у вигляді графіку може не будуватися, а результати записуються на машинні носії інформації.

Перелік посилань.

1. Фісун К. А. Організація системи управління якістю продукції в сучасних умовах. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2018. № 62. С. 204-210. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vetp_2018_62_28. (дата звернення: 20.05.2023).
2. Кузьома В. В., Павлюк С. І. Якість продукції як вирішальний фактор забезпечення конкурентоспроможності підприємства. *Бізнес Інформ*. 2020. № 12. С. 252-258.
3. Труш Ю. Л., Осадчук О. П. Якість продукції: складові та стадії її життєвого циклу. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2018. № 9. С. 87-92.
4. Мишко О. В. Управління якістю - запорука підвищення конкурентоспроможності продукції. *Економіка. Фінанси. Право*. 2014. № 3. С. 41-48.
5. Власенко І. В. Роль системи управління якістю в забезпеченні конкурентоспроможності продукції промислового підприємства. *Економіка і організація управління*. 2021. Вип. 3. С. 194-203.
6. Адамовська В. С., Калініченко Д. Р. Організація системи управління якістю продукції як складової бізнес-планування. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Економічні науки*. 2014. Вип. 9(3). С. 138-141.

7. Мальцев А. С., Крамський С. О. Управління якістю продукції проєктів: методологічні та прикладні аспекти. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 37. С. 25-31.

8. Радченко О. П., Білоног Г. Ю. Удосконалення системи управління якістю продукції на підприємстві. *Ефективна економіка*. 2018. № 9. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2018_9_29 (дата звернення: 20.05.2023).

9. Національний стандарт ДСТУ ISO 9000:2015. Системи управління якістю. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 45 с. URL: <https://khoda.gov.ua/image/catalog/files/%209000.pdf> (дата звернення: 20.05.2023).

10. Загальна теорія статистики: підручник / За ред. А. В. Непрана, І. А. Дмитрієва. Харків : ПП Іванченка, 2022. 720 с.

References

1. Fisun, K. (2018). Organization of the product quality management system in modern conditions [Orhanizatsiia systemy upravlinnia yakistiu produktsii v suchasnykh umovakh], *Herald of the economy of transport and industry*, Vol. 62, P. 204-210, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vetp_2018_62_28 (last accessed 20.05.2023)

2. Kuzoma, V., Pavlyuk, S. (2020). Product quality as a decisive factor in ensuring the competitiveness of the enterprise [Yakist produktsii yak vyrishalniy faktor zabezpechennia konkurentospromozhnosti pidpriemstva], *Business Inform*, Vol. 12, P. 252-258.

3. Trush, Yu., Osadchuk, O. (2018). Product quality: components and stages of its life cycle [Yakist produktsii: skladovi ta stadii yii zhyttievoho tsyклу], *Formation of market relations in Ukraine*, Vol. 9, P. 87-92.

4. Myshko, O. (2014). Quality management is the key to increasing product competitiveness [Upravlinnia yakistiu - zaporuka pidvyshchennia konkurentospromozhnosti produktsii], *Economy. Finances. Law*, Vol. 3, P. 41-48.

5. Vlasenko, I. (2021). The role of the quality management system in ensuring the competitiveness of the products of an industrial enterprise [Rol systemy upravlinnia yakistiu v zabezpechenni konkurentospromozhnosti produktsii promyslovoho pidpriemstva], *Economics and management organization*, Vol. 3, P. 194-203.

6. Adamovska, V., Kalinichenko, D. (2014). Organization of the product quality management system as a component of business planning [Orhanizatsiia systemy upravlinnia yakistiu produktsii yak skladovoi biznes-planuvannia], *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: Economic Sciences*, Vol. 9(3), P. 138-141.

7. Maltsev, A., Kramskiy, S. (2019). Project product quality management: methodological and applied aspects [Upravlinnia yakistiu produktsii proektiv: metodolohichni ta prykladni aspekty], *Management of the development of complex systems*, Vol. 37, P. 25-31.

8. Radchenko, O., Bilonog, G. (2018). Improvement of the product quality management system at the enterprise [Udoskonalennia systemy upravlinnia yakistiu

produksii na pidpriemstvi], *Efficient economy*, Vol. 9, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2018_9_29 (last accessed 20.05.2023).

9. *National standard DSTU ISO 9000:2015. Quality management systems* (2016). Kyiv: DP «UkrNDNCz», 45 p., available at: <https://khoda.gov.ua/image/catalog/files/%209000.pdf>. (last accessed 20.05.2023).

10. Nepran, A., Dmytriiev, I. (2022). *General theory of statistics [Zahalna teoriia statystyky]: textbook*, Kharkiv: PP Ivanchenka, 720 p.

РЕФЕРАТИ ABSTRACTS

УДК 629.41.2; JEL Classification: M10

Непран А. А., Воронкова А. А., Чуйко Н. В. ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ В УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ

Мета – розробка теоретичних засад використання статистичних методів в управлінні якістю промислової продукції. *Методика дослідження*. Для досягнення поставленої мети у дослідженнях були використані такі загальнонаукові та спеціальні методи і прийоми дослідження: методи математичної статистики – для визначення розміру вибірки, середнього відхилення, граничних меж допусків, допустимих значень відхилень середніх арифметичних значень. *Результати*. Для аналізу якості та попередження появи шлюбу важливе значення мають статистичні методи управління якістю. Цей метод контролю виробництва та якості продукції ґрунтується на застосуванні методів математичної статистики до систематичного контролю за якістю виробів та станом технологічного процесу з метою підтримки його стійкості та забезпечення заданого рівня якості виготовлення продукції. На конкретному прикладі обґрунтовані показники верхніх та нижніх меж допусків, а також верхніх та нижніх меж зони допустимих значень відхилень від середніх арифметичних значень. *Наукова новизна*. Обґрунтовано порядок застосування методу середніх та розмахів для контролю якості продукції на промислових підприємствах. *Практична значущість*. Використання даного методу дозволить знизити трудомісткість оцінки якості продукції та забезпечити контроль технологічних процесів. Доцільно на підприємствах серійного та масового виробництва.

Ключові слова: метод середніх, розмах, якість продукції, варіація ознак, середнє квадратичне відхилення, вибірка.

UDK 629.41.2; JEL Classification: M10

Nepran A. A., Voronkova A. A., Chuiko N. V. WRITING OF STATISTICAL METHODS IN MANAGING PRODUCT QUALIT

The goal is to develop the theoretical foundations of the use of statistical methods in the management of the quality of industrial products. *Research methodology*. To achieve the goal, the following general scientific and special research methods and techniques were used in the research: methods of mathematical statistics - to determine the sample size, average deviation, tolerance limits,

permissible values of deviations of arithmetic mean values. *The results.* Statistical methods of quality management are important for quality analysis and prevention of marriage. This method of production and product quality control is based on the application of mathematical statistics methods to the systematic control of product quality and the state of the technological process in order to maintain its stability and ensure a given level of product manufacturing quality. The indicators of the upper and lower limits of tolerances, as well as the upper and lower limits of the zone of permissible values of deviations from the average arithmetic values are justified on a specific example. *Scientific novelty.* The procedure for applying the method of averages and ranges for product quality control at industrial enterprises is substantiated. *Practical significance.* The use of this method will reduce the complexity of product quality assessment and ensure control of technological processes. It is suitable for serial and mass production enterprises.

Key words: method of averages, range, product quality, variation of characteristics, mean square deviation, sample.

Відомості про авторів / About the Authors

Непран Андрій Володимирович – кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри економіки і підприємництва, м. Харків, Україна; e-mail: nepranxtei@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8329-7123>; Моб. (097) 546 01 22.

Nepran Andrey – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Associate Professor of the Department of Economics and Entrepreneurship, Kharkiv, Ukraine.

Чуйко Наталя Василівна - кандидат економічних наук, доцент, Державний біотехнологічний університет, доцент кафедри менеджменту, бізнесу і адміністрування, м. Харків, Україна; e-mail: Natasha-Cuyko@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9066-7105>; Моб. (066) 712 86 65.

Chuyko Nataliya - Candidate of Science (Economics), Associate professor, State Biotechnology University, Associate professor of the Department of Management, Business and Administration, Kharkiv, Ukraine.

Воронкова Алла Анатоліївна – кандат економічних наук, доцент, Державний біотехнологічний університет, доцент кафедри менеджменту, бізнесу і адміністрування, м. Харків, Україна; e-mail: Voronkova-Alla@ukr.net . ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0523-3156>; Моб. (099) 700 21 80.

Voronkova Alla - Candidate of Science (Economics), Associate professor, State Biotechnology University, Associate professor of the Department of Management, Business and Administration, Kharkiv, Ukraine.